

Peningkatan Nilai Kalor Pellet Biomassa Cocopeat sebagai Bahan Bakar Terbarukan dengan Aplikasi Torefaksi

Improvement of Caloric Value of Cocopeat Biomass Pellet as Renewable Energy Fuel by Torrefaction Application

Rizal Alamsyah, Nobel Christian Siregar, dan Fitri Hasanah

Balai Besar Industri Agro (BBIA)
Jl. Ir. H. Juanda No, 11 Bogor 16122

rizalams@yahoo.com

Riwayat Naskah:

Diterima 06, 2016
Direvisi 07, 2016
Disetujui 07, 2016

ABSTRAK: Torefaksi adalah suatu proses termokimia yang dilakukan pada temperatur 200-300°C dengan kondisi tanpa udara. Proses ini berfungsi untuk mengubah biomassa menjadi bahan bakar padat yang relatif mempunyai kandungan energi yang lebih tinggi dari sebelumnya. Torefaksi dapat meningkatkan kerapatan energi, tahan air, memudahkan penggilingan, membuatnya aman dari degradasi biologis, memudahkan transportasi dan penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik pellet biomassa cocopeat (yang merupakan hasil samping pengolahan sabut kelapa) menjadi bahan bakar padat dengan penerapan proses torefaksi Biomassa cocopeat dibuat menjadi bentuk pellet dengan proses pengeringan, pengayakan, pengadukan, dan pemelletan. Pellet yang dihasilkan selanjutnya ditorefaksi pada suhu 300°C selama 1,5 jam dan hasilnya dibandingkan cocopeat dengan tanpa perlakuan torefaksi untuk melihat kandungan energinya pellet. Hasil kedua perlakuan pellet cocopeat tersebut selanjutnya juga dibandingkan untuk melihat kandungan kualitas emisi udara yang dihasilkan saat pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan energi dari pellet cocopeat dengan perlakuan torefaksi menunjukkan peningkatan energi sebesar 36%. Sementara emisi udara yang dihasilkan dari pembakaran memenuhi persyaratan standard emisi udara sesuai peraturan yang berlaku.

Kata kunci: torefaksi, cocopeat, pellet, emisi, pembakaran

ABSTRACT: Torrefaction is a thermochemical pretreatment process at 200–300°C in an inert condition which transforms biomass into a solid biofuel with relatively high energy. This increases the energy density, water resistance and grindability of biomass and makes it safe from biological degradation which ultimately makes easy and economical on transportation and storing of the torrefied products. The research was aimed to improve cocopeat pellet characteristics (cocopeat is by product of cocofiber processing) as solid fuel by the application of biomass energy torrefaction process and to test emissions quality resulted from pellets combustion. In this work cocopeat was formed to cocopeat pellet by drying, shifting, mixing, and pelletizing. Cocopeat pellet were then treated for both with torrefaction (300 °C without air for 1.5 hours) and without torrefaction process. After burning, these pellet were compared in term of energy content and emission quality. The result shows that energy content of torrefied cocopeat pellet have increased energy by 36%. Meanwhile emission air resulted from its combustion were met with Indonesian emission regulation standard.

Keywords: torrefaction, cocopeat, pellet, emission, combustion

1. Pendahuluan

Ketergantungan sektor industri pada energi fosil atau minyak bumi, serta fluktuasi harga energi

minyak bumi menjadi kendala bagi pembangunan industri (DEN, 2010; Alamsyah *et al.*, 2013). Ketergantungan tersebut akan berdampak kepada kebutuhan energi untuk sektor transportasi, energi

rumah tangga, serta kebutuhan listrik alat mesin pengolahan hasil pertanian (Liew *et al.*, 2014; Ridha, 2014). Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan akan energi fosil adalah dengan cara pengembangan energi terbarukan (non-fosil) yang berbasis bahan biomassa yang bisa diperbaharui (Demirbas, 2009). Peluang pengembangan energi non-fosil terbarukan cukup besar hal ini dikarenakan antara lain 1) tersedianya beragam sumber daya energi baru serta terbarukan, 2) pertumbuhan ekonomi yang semakin baik akan meningkatkan kebutuhan dalam energi dan kemampuan/daya beli masyarakat serta yang akan menjadi investasi swasta dalam pembangunan sektor industri, dan 3) potensi pasar energi nasional, regional dan internasional yang masih terbuka (Belonio, 2012; Hambali, 2010; Abdullah, 2009).

Di sisi lain, untuk mengantisipasi kelangkaan energi di Indonesia, pemerintah telah mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia, tetapi penggunaannya belum optimal (Ariyati, 2007). Biomassa yang digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) di Indonesia pada umumnya, memiliki nilai ekonomis rendah, atau merupakan limbah yang telah diambil produk primernya (Putra, 2011). Biomassa tersebut dapat berasal dari limbah perkebunan, limbah pertanian, limbah hutan, hasil samping pengolahan produk pertanian, dan kotoran ternak (Tohan, 2016). Biomassa sebagai sebagai hasil samping pertanian atau perkebunan harus mengambil peran yang lebih besar di Indonesia ke depan. Potensi energi biomassa Indonesia adalah 49.807 Mwe dan baru 0,36 % termamfaatkan (Surawidjaja, 2010). Untuk kawasan ASEAN, Indonesia merupakan produsen terbesar dari biomassa, akan tetapi Indonesia merupakan pemanfaat terkecil karena belum dikelola secara ekonomis sehingga terdapat gap antara potensi dengan pemanfaatannya (Alamsyah, 2013).

Di antara potensi besar biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai energi atau bahan bakar padat adalah limbah hasil pengolahan sabut kelapa atau cocopeat (Alamsyah & Kamil, 2013). Limbah biomassa cocopeat ini memiliki jumlah yang cukup besar, terutama di daerah penghasil kelapa yang mana limbah sabutnya diolah untuk diambil sabutnya (coco fiber), akan tetapi hampir sebagian besar tidak dimanfaatkan dan hanya sebagai sampah atau limbah bioamssa (Alamsyah & Siregar, 2014). Sebenarnya limbah ini bisa digunakan sebagai bahan bakar padat rumah tangga atau bahan bakar pada industri pengolahan atau keperluan lainnya (pengeringan bahan pertanian). Di lain pihak beberapa perusahaan melakukan ekspor limbah perkebunan seperti cangkang sawit.

Beberapa industri besar telah mampu menciptakan energi listrik dari biomassa limbah dan digunakan untuk operasional perusahaan.

Oleh karena itu pembangunan industri biofuel haruslah merupakan kegiatan prioritas dalam menunjang substitusi kebutuhan energi nasional dan pembangunan ekonomi yang hasil atau nilai tambahnya bisa dirasakan oleh masyarakat dan industri dalam negeri (Kemenristek, 2014). Untuk itu penguasaan teknik pemrosesan biomassa menjadi biofuel di Indonesia mutlak dikuasai dan diimplementasikan di dalm negeri (Hikam, 2014).

Salah satu cara untuk memodifikasi biomassa menjadi biofuel atau bahan bakar padat adalah dengan cara torefaksi. Torefaksi (*torrefaction*) merupakan proses degradasi termal dengan laju pemanasan rendah pada temperature 200–300°C dengan kondisi tanpa udara (Acharya *et al.*, 2012, Chen *et al.*, 2012).

Torefaksi juga bisa diartikan sebagai perlakuan termal biomassa (terutama kayu) tanpa adanya oksigen selama \pm 15-60 menit pada temperatur 200-300°C dan tekanan atmosferik. Hasilnya, biomassa akan berubah menjadi produk yang mirip kokas atau arang. Tranformasi torefaksi adalah proses dengan efisiensi tinggi (konversi 85-95%) (Chew, 2011).

Torefaksi adalah suatu proses konversi (pengubahan) biomassa menjadi bahan bakar padat yang lebih bersih. Dalam proses ini, biomassa secara perlahan diberi kalor (dipanaskan) pada kisaran temperatur 200-300°C dengan waktu tertentu (Basu, 2013). Nama lain dari proses torefaksi adalah *roasting*, *slow-mild pyrolysis*, *wood cooking*, atau *high temperature drying* (Tumurlu, 2011). Torefaksi digunakan sebagai langkah pengkondisian awal untuk metode konversi biomassa seperti gasifikasi dan co-firing. Perlakuan panas tidak hanya mengubah struktur serat, tetapi juga struktur molekul dari biomassa (Felfi *et al.*, 2005). Selama proses torefaksi, biomassa akan mengalami devolatisasi yang menyebabkan penurunan berat, tetapi kandungan energi awal dari biomassa yang telah ditorefaksi tersebut tetap terjaga dalam produk padatnya sehingga densitas energy dari biomassa menjadi lebih tinggi dibanding biomassa awal (Bregman *et al.*, 2008; Tumuluru *et al.*, 2012).

Proses torefaksi juga meningkatkan karakteristik fisik dari biomassa sehingga pemanfaatannya sebagai bahan bakar bernilai ekonomis. Selain itu, proses torefaksi mengubah susunan kimia dari hidrokarbon biomassa dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan karbon dan mengurangi kadar oksigennya. (Dutta & Leon, 2011).

Pengaplikasian torefaksi ini dilakukan untuk mengatasi beberapa kendala karakteristik

biomassa yang akan digunakan sebagai bahan bakar. Salah satu contoh kendala pada biomassa yang belum ditorefaksi pada biomassa kayu, adalah nilai kalori yang rendah, kandungan air tinggi, densitas energi yang rendah, ukuran yang relatif besar dan tidak ekonomis dalam hal transportasi, higroskopis, efisiensi pembakaran yang rendah dan banyaknya asap selama pembakaran (Paoluccio *et al.*, 2006). Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan energi pellet biomassa cocopeat dengan penerapan proses torefaksi, dan membandingkan hasil pembakaran (emisi) pellet cocopeat biomassa yang mengalami torefaksi dengan pellet biomassa non-torefaksi.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cocopeat atau produk samping dari hasil pengolahan serat sabut kelapa (*cocofiber*). Bahan-bahan lain yang digunakan adalah minyak jelantah, dan pati untuk perekat pembuatan pellet cocopeat.

2.2. Alat

Alat-alat proses yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat-alat untuk proses pembuatan pellet biomassa, alat untuk proses torefaksi, dan alat ukur. Alat-alat untuk proses pellet biomassa terdiri dari alat penyaring (*shifter*), alat pengering (*dryer*) alat pengaduk (*mixer*), dan mesin pellet (*pelletizer*) kapasitas 200 kg/jam. Sedangkan alat torefaksi yang digunakan adalah alat torefaksi dengan kapasitas 5 kg. Untuk alat-alat pendukung untuk proses pembuatan pellet dan torefaksi terdiri dari termometer (skala 500°C), timbangan, panci dan wadah stainless steel.

2.3. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pendahuluan, pembuatan pellet, perlakuan torefaksi, pembakaran pellet cocopeat (dengan torefikasi dan tanpa torefikasi) dan analisis proksimat.

2.3.1 Pembuatan pellet cocopeat

a. Sortasi

Sortasi dilakukan untuk pembersihan benda asing yang akan tercampur terhadap biomassa cocopeat dan untuk menghasilkan bahan baku atau mutu pellet yang seragam.

b. Pengeringan dan penimbangan

Pengeringan bahan dilakukan guna mendapatkan tingkat kekeringan yang seragam maksimum 14 % (basis basah) sehingga diperoleh mutu struktur pellet yang optimal sehingga menghasilkan emisi yang rendah (*low emission*) (Lee *et al.*, 2000; Amin *et al.*, 2014; Hroncova *et al.*, 2014)

c. Pengayakan dan mixing

Pengayakan dilakukan untuk memperoleh ukuran yang seragam sehingga memudahkan pembentukan pellet. Ukuran saringan ayakan yang digunakan adalah mesh 60. Pengadukan atau *mixing* dilakukan untuk homogenisasi bahan biomas dalam pellet sehingga pellet mempunyai kandungan energy yang seragam pada saat dibakar (gasifikasi). *Mixing* dilakukan dengan cara pencampuran bertahap dimulai dengan biomassa cocopeat, minyak jelantah dan pati untuk homogenisasi seluruh bahan baku yang digunakan. Waktu *mixing* seluruh bahan dilakukan selama 10 menit

d. Pelletizing

Pelletizing dimaksudkan untuk membentuk bahan bakar biomas dalam bentuk pellet dengan ukuran (dimensi) panjang 2 cm dengan diameter 6 mm - 8 mm. Pembuatan pellet dilakukan dengan mesin pelletizer.

2.3.2 Penelitian pendahuluan

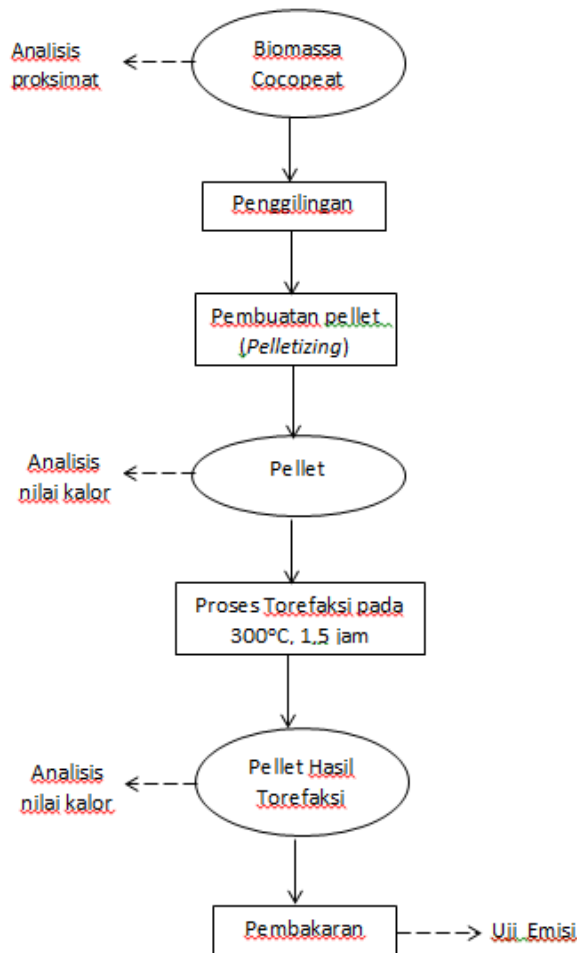
Penelitian pendahuluan adalah untuk melakukan proses poses torefikasi dari biomassa pellet cocopeat. Pada tahap ini dilakukan pengamatan waktu optimum proses torefaksi dari biomassa cocopeat dalam selang waktu 0 hingga 120 menit.

2.3.3 Perlakuan torefaksi dan non torefaksi

Penelitian torefaksi dilakukan di Laboratorium Proses Balai Besar Industri Agro, Cikaret-Bogor. Penelitian dengan perlakuan proses torefaksi pada pellet biomassa cocopeat ini didasarkan dengan hipotesis bahwa biomassa yang ditorefaksi akan menghasilkan gas buang yang lebih bersih atau ramah lingkungan (*eco-friendly*) daripada gas buang biomassa yang tidak ditorefaksi.

Di dalam penelitian ini bahan cocopeat terlebih dahulu dibentuk menjadi bentuk pellet dengan tujuan untuk mendapatkan atau menjadikan bahan bakar padat yang mudah dalam pengemasan dan penggunaannya. Secara garis besar proses

biomassa baik yang yang ditorefaksi maupun biomassa yang tidak ditorefaksi dilakukan dengan tahapan proses seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Alur proses pembuatan pellet biomassa torefaksi

2.4 Parameter yang diamati

Parameter yang diukur dan diamati dalam penelitian ini adalah kadar proksimat, analisis nilai kalor biomassa sebelum torefaksi dan setelah torefaksi, lama pembakaran pellet biomassa sebelum torefaksi dan setelah torefaksi, dan emisi gas buang hasil pembakaran pellet biomassa cocopeat hasil torefaksi.

2.5 Analisis nilai kalor dan proksimat

Analisis nilai kalor dan proksimat dilakukan untuk mengetahui komposisi komponen awal dan peningkatan nilai kalor pellet biomassa cocopeat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis proksimat dan nilai kalor

Analisis proksimat dan nilai kalor dilakukan untuk mengetahui komponen awal biomassa sebelum cocopeat seperti kadar abu, kadar air, dan karbon terikat (*fixed carbon*) serta nilai kalor. Nilai kalor biomassa cocopeat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa biomassa cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Kadar air cocopeat cukup tinggi sehingga perlu dilakukan pengeringan. Peranan torefaksi terhadap biomassa adalah dalam pengubahan struktur molekul dari biomassa menjadi karbon meningkatkan nilai kalor. Hasil analisis nilai kalor dan proksimat selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis nilai kalor pellet yang sudah ditorefaksi.

Tabel 1
Analisis proksimat dan nilai kalor cocopeat

Parameter	Biomassa cocopeat
Kadar air (%)	83,490
Zat terbang (%)	-
Kadar abu (%)	0,785
Fixed carbon (%)	-
Densitas	0,182
Nilai kalori (kal/g)	4083

3.2 Penelitian pendahuluan

Dalam penelitian pendahuluan diperoleh hasil waktu optimum lama proses torefikasi adalah 1,5 jam. Hasil ini didasarkan atas pengamatan setiap selang waktu pengamatan yaitu 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit. Indikator kualitas biomassa adalah warna biomassa yang menkilap (Pelheat, 2010). Hasil pengamatan biomassa yang diamati terlihat mengkilap adalah biomassa dengan waktu torefaksi 90 menit. Perlakuan terhadap biomassa dengan waktu lebih dari 90 menit akan menyebabkan biomassa tersebut membentuk bara sehingga menyimpang dari tujuan semula. Dengan demikian, lamanya proses torefaksi yang dilakukan adalah selama 90 menit yaitu waktu maksimal untuk torefaksi biomassa. Dalam penelitian pendahuluan ini diamati indikator warna yang dijadikan sebagai inikator visual yaitu warna biomassa yang menkilap dan tidak mengukur nilai kalor dahulu. Selang waktu pengamatan adalah 15 menit. Hasil yang terbaik yaitu pengukuran yang dilakukan setelah proses torefaksi yang maksimal yaitu setelah 90 menit atau 1,5 jam.

3.3 Proses torefaksi

Prinsip dalam proses torefaksi adalah menghindari keberadaan oksigen ketika dilakukan

pemberian panas terhadap biomassa. Di dalam percobaan ini terbukti bahwa apabila oksigen hadir ketika panas (kalor) diberikan kepada biomassa, maka pellet biomassa cocopeat akan terbakar dan menjadi abu. Hal ini berbahaya pada peralatan (reaktor torefaksi) yang digunakan jika dibiarkan tanpa kontrol, dan juga menyimpang dari tujuan semula yaitu peningkatan kapasitas kalor dari biomassa yang akan digunakan sebagai bahan bakar padat. Berbeda dengan pengarangan (karbonisasi) yang masih mengijinkan udara dengan jumlah tertentu masuk dalam prosesnya, proses torefaksi tidak demikian, melainkan harus benar-benar dilakukan tanpa kehadiran udara.

Proses torefaksi menghasilkan pellet biomassa cocopeat berwarna hitam mengkilat yang menunjukkan bahwa biomassa mengalami torefaksi maksimal. Biomass tertorefaksi diamati berwarna coklat jika torefaksi dilakukan dibawah 90 menit, namun untuk mendapatkan hasil yang maksimal sesuai penelitian ini, torefaksi terhadap biomassa dilanjutkan sampai waktu 90 menit atau 1,5 jam. Hasil biomassa sebelum dan sesudah torefaksi ditampilkan pada Gambar 2.



(a)

(b)

Gambar 2. Produk cocopeat pellet sebelum (a) dan sesudah (b) torefaksi

Pada penelitian ini, diamati juga bahwa tidak terbentuk tar seperti pada proses pengarangan (karbonisasi) dan pirolisis. Hal ini didasarkan pada pengamatan bahwa hasil samping yang muncul adalah hanya asap jika oksigen dalam jumlah sedikit dibiarkan masuk. Jadi pada torefaksi zat yang muncul adalah zat-zat yang terkondensasi dan tidak terkondensasi. Setelah ditorefaksi, biomassa tersebut dianalisis untuk mengetahui nilai kandungan air, abu, karbon terikat, dan terutama adalah nilai kalornya. Hasil analisis biomassa setelah ditorefaksi dan dibandingkan dengan biomassa sebelum torefaksi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2

Hasil analisis parameter pellet biomassa cocopeat biomassa sebelum dan setelah torefaksi

Parameter	Sebelum torefaksi	Sesudah torefaksi
Kadar air (%)	83,490	6,745
Zat terbang (%)	-	48,996
Kadar abu (%)	0,785	13,996
Fixed carbon (%)	-	37,966
Densitas	0,182	-
Nilai kalori (kal/g)	4083	5565

Dari hasil pada Tabel 2 diatas terlihat bahwa terdapat peningkatan nilai kalor untuk ketiga jenis biomassa setelah ditorefaksi. Peningkatannya adalah sebesar rata-rata 36 % dari 3 kali ulangan untuk cocopeat. Peningkatan ini cukup signifikan, sehingga proses torefaksi diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif menjanjikan dalam peningkatan nilai tambah biomassa sebagai energi terbarukan.

3.4 Uji Emisi

Uji emisi dilakukan melalui pembakaran untuk mengetahui apakah gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran biomassa hasil torefaksi telah memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang ditetapkan. Hasil pembakaran biomassa tersebut juga sekaligus untuk mengetahui lamanya pembakaran untuk memanaskan 1 liter air sampai mendidih dan lamanya bara yang terbentuk setelah pembakaran. Hasil pembakaran pellet cocopeat baik yang ditorefaksi maupun tanpa torefikasi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3

Perbandingan hasil pengamatan pembakaran pellet biomassa cocopeat non- torefaksi dan torefaksi

Parameter	Cocopeat non-Torefaksi	Cocopeat Torefaksi
Berat (kg)	0,5	0,5
Waktu antara pemicu api dan pemasakan air (menit)	5	2
Waktu pemasakan 1 liter air (menit)	17	15
Lama nyala api stlh pemasakan air (menit)	25	37
Waktu nyala bara (menit)	20	240

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa pellet cocopeat yang mengalami torefaksi mempunyai densitas energi yang lebih besar ditunjukkan lamanya waktu nyala bara setelah pembakaran yang berarti energi yang tersimpan dalam pellet biomassa yang mengalami torefaksi lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa densitas energi dari pellet biomassa yang mengalami torefaksi lebih besar daripada pellet biomassa yang tidak ditorefaksi.

Pengujian emisi selanjutnya dilakukan di Laboratorium Proses BBIA, Cikaret dan dilakukan dengan peralatan dan tim dari Dinas Angkutan Jalan Raya, Kota Bogor. Uji emisi ini untuk mengukur gas buang dari pembakaran biomassa sebelum dan sesudah torefaksi dan membandingkannya dengan persyaratan yang berlaku. Gas-gas yang timbul dari pembakaran biomassa diukur dengan peralatan uji emisi. Hasil uji emisi adalah data konsentrasi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran pellet biomassa sebelum dan sesudah torefaksi (Tabel 4 dan 5).

Tabel 4.
Hasil uji emisi gas buang pellet cocopeat non- torefaksi

Waktu	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
t1 (awal)	0.42	300	2.32	17.55
t2	0.47	327	1.33	19.81
t3	0.2	20	4.29	15.9
t4	0.45	10	0.94	19.39
t5	0.51	8	0.89	19.44
t6 (selesai)	0.53	5	0.97	19.38
Standard gas limit*)	4.5	1200	20	

*) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-13/MENLH3/1965, tanggal 7 Maret 1995 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak.

Tabel 5.
Hasil uji emisi gas buang pellet cocopeat perlakuan torefaksi

Waktu	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
t1 (awal)	0	7	2.09	18.4
t2	0.01	0	4.72	15.4
t3	0	0	4.98	15.24
t4	0.3	0	1.06	19.04
t5	0.18	0	1.09	19.17
t6	0.27	0	0.48	19.03
t7	0.23	0	0.42	20.08
t8 (selesai)	0.11	0	0.35	20.3
Standard gas limit*)	4.5	1200	20	

Berdasarkan data dalam Tabel 4 dan Tabel 5 yaitu perbandingan konsentrasi gas buang antara pellet cocopeat non-torefaksi (Tabel 5) pellet cocopeat yang mengalami torefaksi terlihat perbedaan konsentrasi HC yang begitu tinggi pada waktu awal pada pembakaran pellet sebelum torefaksi (300 ppm) dan sangat rendah pada gas buang hasil pembakaran pellet tertorefaksi (7 ppm).

Pada pengukuran gas buang hasil pembakaran pellet biomassa non-torefaksi sebagai bahan bakar padat, perlu diperhatikan bahwa HC yang muncul sebagai gas buang selain menunjukkan adanya kemungkinan indikasi pembakaran yang tidak sempurna (disebabkan udara terlalu berlebihan) juga disebabkan bahwa HC yang terbentuk merupakan zat biomassa yang tidak terbakar (dalam perspektif penggunaan biomassa sebagai bahan bakar).

Pada pellet cocopeat yang tertorefikasi maka terjadi perubahan struktur internal dengan berubahnya senyawa hidro karbon (HC) menjadi karbon dan mengakibatkan peningkatan densitas energi pellet. Keuntungannya adalah tidak ada bahan organik atau biomassa yang terbuang percuma dengan indikasi bahwa konsentrasi HC (hidrokarbon) yang dihasilkan pada gas buang dalam jumlah kecil. Peran torefaksi menguntungkan jika ditinjau pemanfaatan energi bukan hanya untuk pembakaran namun juga untuk pemanasan (pengeringan) dengan memanfaatkan energi yang terkandung di dalamnya yang dibuktikan dengan lamanya bara yang terbentuk setelah pembakaran.

Hal yang menguntungkan lainnya adalah bahwa konsentrasi CO yang merupakan senyawa yang sangat berbahaya dan mempunyai afinitas sangat tinggi pada darah manusia adalah sangat rendah pada gas buang hasil pellet biomassa tertorefaksi (0%) dibanding pellet biomassa non-torefaksi (0,42%). Walaupun konsentrasi relative kecil (0,42%), hal ini sangat berbahaya pada lingkungan jika biomassa yang dibakar berada pada jumlah yang sangat besar.

Berdasarkan persyaratan gas buang yang ditentukan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-13/ MENLH3/1965, semua hasil parameter mutu gas buang cocopeat memenuhi persyaratan. Dengan demikian, perlakuan torefaksi dari aspek emisi gas buang lebih baik dan unggul dibandingkan biomassa non-torefaksi.

4. Kesimpulan

Pellet biomassa cocopeat yang diperoleh dari proses torefaksi mempunyai densitas energi yang lebih besar. Hal ini menguntungkan karena energi yang disimpan menjadi lebih besar daripada biomassa yang tidak ditorefaksi. Peningkatan nilai kalori pada proses torefaksi pada pellet cocopeat hasil torefaksi mengalami peningkatan energi sebesar 36%.

Pellet cocopeat yang mengalami torefaksi menunjukkan waktu nyala bara yang lebih lama setelah pembakaran yang berarti energi yang tersimpan dalam pellet biomassa yang mengalami torefaksi lebih besar.

Walaupun emisi gas buang pada pembakaran biomassa yang jumlahnya kecil (0,5 kg) pada semua jenis biomassa baik itu biomassa hasil torefaksi dan non-torefaksi masih dalam batas aman, namun emisi gas berbahaya pada pembakaran pellet hasil torefaksi menghasilkan gas buang berbahaya (terutama CO) dengan konsentrasi (kadar) yang jauh lebih kecil daripada biomassa non-torefaksi.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada Laboratorium Uji Emisi Gas Buang Dinas Lalu Lintas Angkutan Jalan Raya (DLLAJR), Kota Bogor atas bantuan alat pengujian emisi pembakaran pellet cocopeat sehingga penelitian berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Abdullah, K. (2009). Sustainable Parameters in Introducing Renewable Energy Technology. *ISESCO Science and Technology Vision*, 5(8),7-10.
- Acharya, B., Sule, I., & Dutta, A. (2012). A review on advances of torrefaction technologies for biomass processing. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2(4), 349-369. <http://doi.org/10.1007/s13399-012-0058-y>
- Alamsyah, R., Siregar, N. C., Lubis, E. H., & Susanti, I. (2013). Secure And Utilization Technology For Indonesian Biomass Aimed to Cope With RPS (Renewable Portfolio Standard), *Joint research report BBIA – Kitech, South Korea*, BBIA.
- Alamsyah, R., & Kamil, A. F. (2013). Increasing The Added Value Of Coco Peat Waste Into Solid Fuel. *Cocoinfo International (International Coconut Review) APCC*, 20(2),1-7.
- Alamsyah, R., & Siregar, N. C. (2013). Study For Production Of Low Emission Pellet From Coco Peat Waste. Jakarta: *International Journal on Coconut R & D - CORD APCC*, 29(2),1-12.
- Belonio, A. (2012). Cocopeat Pellet Gas Stove, <http://biomass-events.com/promo-pellet-characteristics.html> (diakses 29 November 2012).
- Sarvaraminia, A., Assimaa, G. P., Beaudoina, G., & Larachib, F. (2014). Biomass Torrefaction and CO₂ Capture Using Mining Wastes – A New Approach For Reducing Greenhouse Gas Emissions of Co-Firing Plants. *Elsevier, Fuel*, (115), 749-757.
- Ariyati, R. (2007). National Policy on Biofuel Development. *Paper presented in the Workshop Mini Scale Biodiesel Plant Design, BRDST (BPPT)*, Research and Technology, DJLPE (EMR), and PT. Astra Agro Lestari Tbk, Serpong November 13-15, 2007.
- Basu, P. (2013). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction*. Pactical Design and Theory, 2nd ed. Academic Press, Elsevier. London,UK.
- Bergman, P. C. A., Boersma, A. R., & Kiel, J. H. A. (2005). Torrefaction for Biomass Co-Firing in Existing Coal-Fired Power Stations "Biocoal" Report ECN-C- 05-013; Petten. Belanda : ECN.
- Chen, W. H., & Kuo, P. G. (2011). Torrefaction and Co-Torrefaction Characterization of Hemicelluloses, Cellulose, and Lignin as Well as Torrefaction of Some Basic Constituents in Biomass. *Energy*, 36(2),803-11.
- Chew, J. J., & Doshi, V. (2011). Recent advances in biomass pretreatment torrefaction fundamentals and technology. *Renew Sustainable Energy Rev*, (15), 4212-4222
- Demirbas, A. (2009). Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion and Management*, 50(9), 2239-2249. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.05.010>
- DEN. (2014). *Bauran Energi Nasional Sampai Dengan 2050*. Dewan Energi Nasional.
- Felfli, F. F., Luengo, C. A., Suárez, J. A., & Beatón, P. A. (2005). Wood briquette torrefaction, *Energy for Sustainable Development*, 9(3),20-23.
- Hambali, A., Thahar, A., & Komarudin. (2010). The Potential Of Oil Palm and Rice Biomass as Bioenergy Feedstock, *Makalah disajikan dalam 7th Biomass Asia Workshop*, November 29 – December 01, 2010, Jakarta, Indonesia.
- Hikam, M.A.S. (2014). *Menyongsong 2014-2019 Memperkuat Indonesia dalam Dunia yang Berubah*, Jakarta, CV. Rumah Buku, ISBN: 978-602-70221-0-2, 2014.
- Hroncová, E., Ladomerský, J., & Puskajlerb, J. (2014). Emission of pollutants from torrefaction of wood. *European Journal of Environmental and Safety Sciences*, 2(1),19-22
- Kemenristek. (2014). 106 INOVASI INDONESIA. Business Innovation Center (BIC)-Kemenristek Indonesia.
- Kep. MNLH. (1995). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-13/ MENLH3/1965, tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak.
- Lee, E. Y., Lim, K. I., Jae-kag Lim, & Seung-Taik Lim. (2000). Effects of Gelatinization and Moisture Content of Extruded Starch Pellets on Morphology and Physical Properties of Microwave-Expanded Products. *Cereal Chemistry*. 77(6),769 -773.
- Leon, M., & Dutta, A. (2011). *Pros and cons of torrefaction of woody biomass*, University of Guelph, School of Engineering, Canada.
- Liew, W. H., Hassim, M. H., & Ng, D. K. S. (2014). Review of Evolution, Technology and Sustainability Assessments of Biofuel Production. *Journal of Cleaner Production*, (17): 11-29.
- Paoluccio, A. J., Smith, R. S., & Modesto, C. A. (2006). U.S. patent application for "Method and apparatus for biomass torrefaction, manufacturing a storable fuel from biomass and producing offsets for the combustion products of fossil fuels and combustible article of manufacture," Docket no. 60/747,803.
- Pelheat, Biomass pellet production guide. (2010). accessed on April 27, 2016 from <http://www.PelHeat.com>
- Putra, S. M. (2015). Biomassa Sumber Energi Masa Depan Indonesia. <http://blog.unsri.ac.id/sodikin/karya-ilmiah/biomassasumber-energi-masa-depan-indonesia/mrdetail/31052> (diakses 11 September 2015).
- Mulyana, R. (2014). New, Renewable Energy and Energy Conservation (Nreec): Existing Program & Breakthrough Policies Toward Achieving National Energy Policy Target. *Makalah disajikan dalam The 3rd Indonesia EBTKEConEx*, JCC, Jakarta 4 Juni 2014.
- Soerawidjaja, T. H. (2010). Peran Bioenergi Dan Arah-Arah Utama Litbangrapnya di Indonesia. *Makalah disajikan dalam Lokakarya Gasifikasi Biomassa*, ITB, Bandung 2010.
- Tohan, M. A. (2016). Peningkatan Nilai Tambah dan Daya Saing Produk Pertanian. Sofianomic rakyat. Blogspot.co (Unduh 12 Maret 2016).
- Tumuluru, J. S., Sokhansanj, S., Hess, J. R, Wright, C. T, & Boardman, R. D. (2011). A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications. *Ind Biotechnol*, 7,384-401.
- Tumuluru, J. S., Boardman, R. D., Christopher, T., Wright, C. T. & Hess, J. R. (2012). Some Chemical Compositional Changes in Miscanthus and White Oak Sawdust Samples during Torrefaction, *Energies*, (5), 3928-3947.